

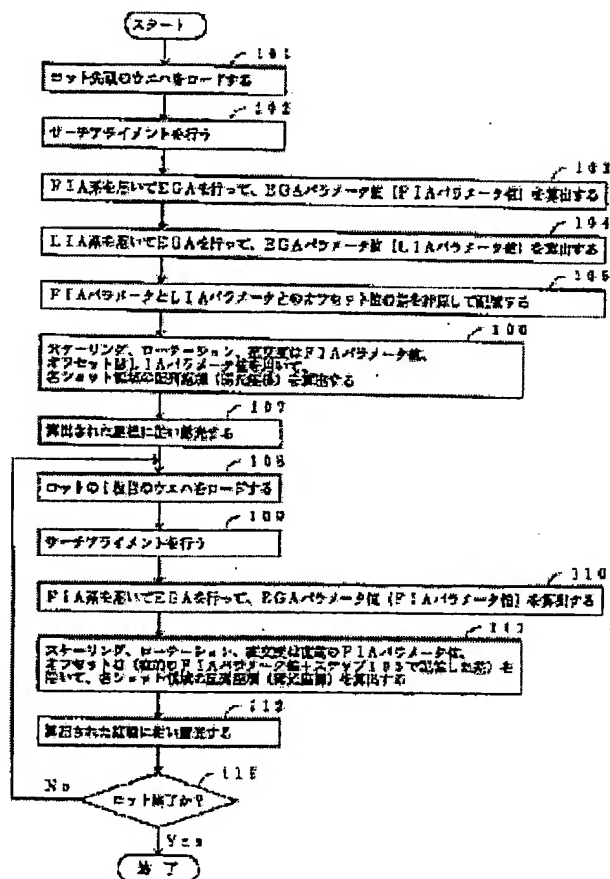
ALIGNING METHOD

Patent number: JP8162394
 Publication date: 1996-06-21
 Inventor: KAWAKUBO SHOJI
 Applicant: NIPPON KOGAKU KK
 Classification:
 - international: H01L21/027; G01B11/00; G03F9/00
 - european:
 Application number: JP19940304698 19941208
 Priority number(s): JP19940304698 19941208

Report a data error here

Abstract of JP8162394

PURPOSE: To enhance an aligning operation in alignment accuracy without deteriorating it much in throughput when an aligning operation is carried out with an alignment sensor of FIA type (imaging type). **CONSTITUTION:** A first wafer of a lot is subjected to an aligning process of EGA type by the use of an LIA system and an FIA system, and the offset component difference of the EGA parameter between the LIA system and the FIA system obtained through the above aligning process is stored (step 103 to 105). When a second wafer and following ones are subjected to a light exposure process, they are aligned through an EGA method by the use of a FIA system (step 110), the offset component of the EGA parameter obtained through the above method is corrected by the stored offset component difference, and the array coordinates of shot regions are calculated by the use of the corrected parameters.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

Family list

2 family member for:

JP8162394

Derived from 1 application.

1 ALIGNING METHOD

Publication info: **JP3491206B2 B2** - 2004-01-26

JP8162394 A - 1996-06-21

Data supplied from the *esp@cenet* database - Worldwide

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平8-162394

(43) 公開日 平成8年(1996)6月21日

(51) Int.Cl. ⁶	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 L 21/027				
G 0 1 B 11/00		C		
G 0 3 F 9/00		H		

H 0 1 L 21/ 30 5 2 5 X

5 2 5 L

審査請求 未請求 請求項の数3 O L (全 14 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願平6-304698

(22) 出願日 平成6年(1994)12月8日

(71) 出願人 000004112

株式会社ニコン

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号

(72) 発明者 川久保 昌治

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株

式会社ニコン内

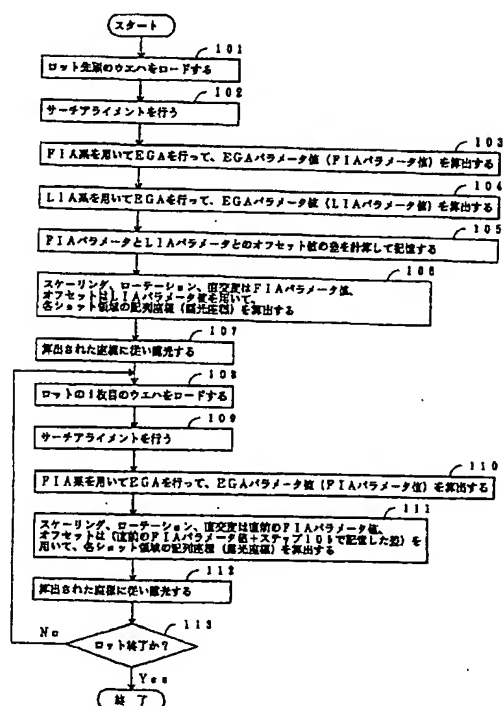
(74) 代理人 弁理士 大森 聡

(54) 【発明の名称】 位置合わせ方法

(57) 【要約】

【目的】 F I A方式 (撮像方式) のアライメントセンサを使用して位置合わせを行う場合に、スループットを大きく低下させることなく、位置合わせ精度を向上する。

【構成】 ロットの先頭のウエハについては、F I A系を用いたE G A方式のアライメントとL I A系を用いたE G A方式のアライメントとを行い、得られたE G Aパラメータ中のオフセット成分について両者の差を記憶する (ステップ103~105)。2枚目以降のウエハへの露光を行う際には、F I A系を用いてE G A方式でアライメントを行い (ステップ110)、得られたE G Aパラメータ中のオフセット成分については記憶されている差で補正を行い、補正後のパラメータを使用して各ショット領域の配列座標を算出する (ステップ111)。



1

【特許請求の範囲】

【請求項1】 基板上に設計上の配列座標に従って2次元的に配列された複数のショット領域中の所定の計測対象とする複数のショット領域に付設された位置合わせ用マークの位置を、前記基板の移動位置を規定する静止座標系上で検出し、該検出結果に基づいて前記複数のショット領域のそれぞれを前記静止座標系上で移動させて所定の基準位置に位置合わせする方法において、

前記所定の計測対象とする複数のショット領域中の少なくとも1つのショット領域に付設された位置合わせ用マークの位置を、撮像素子で計測対象のマークの像を撮像して画像処理により前記計測対象のマークの位置を求める撮像方式の第1のアライメントセンサと、受光素子で計測対象のマークからの光を光電変換して得られた信号を処理して前記計測対象のマークの位置を求める第2のアライメントセンサとを用いて計測する第1工程と、

前記第1及び第2のアライメントセンサの計測結果の差分より前記第1のアライメントセンサの計測結果のオフセット量を求める第2工程と、

前記所定の計測対象とする複数のショット領域中の残されたショット領域に付設された位置合わせ用マークの位置を、前記第1のアライメントセンサを用いて計測した後、前記第1のアライメントセンサの計測結果を前記第2工程で求めたオフセット量で補正する第3工程と、を有し、

該第3工程で補正して得られた計測結果に基づいて前記複数のショット領域のそれぞれを前記基準位置に位置合わせすることを特徴とする位置合わせ方法。

【請求項2】 基板上に設計上の配列座標に従って2次元的に配列された複数のショット領域の内、予め選択された複数のショット領域に付設された位置合わせ用マークの前記基板の移動位置を規定する静止座標系上での位置を検出し、該検出結果を統計処理して前記設計上の配列座標から前記静止座標系上の座標への変換パラメータを算出し、該算出された変換パラメータ、及び前記設計上の配列座標に基づいて算出した前記複数のショット領域の座標位置に基づいて前記基板の移動位置を制御することによって、前記複数のショット領域のそれぞれを所定の基準位置に順次位置合わせする方法において、

前記予め選択された複数のショット領域中の少なくとも1つのショット領域に付設された位置合わせ用マークの位置を、撮像素子で計測対象のマークの像を撮像して画像処理により前記計測対象のマークの位置を求める撮像方式の第1のアライメントセンサと、受光素子で計測対象のマークからの光を光電変換して得られた信号を処理して前記計測対象のマークの位置を求める第2のアライメントセンサとを用いて計測する第1工程と、

前記第1及び第2のアライメントセンサの検出結果を個別に統計処理してそれぞれ前記設計上の配列座標から前記静止座標系上の座標への第1及び第2の変換パラメー

2

タを算出し、該2つの変換パラメータの差分より前記第1の変換パラメータのオフセット量を求める第2工程と、

前記予め選択された複数のショット領域中の残されたショット領域に付設された位置合わせ用マークの位置を、前記第1のアライメントセンサを用いて計測した後、前記第1のアライメントセンサの計測結果を統計処理して得られる前記設計上の配列座標から前記静止座標系上の座標への変換パラメータを前記第2工程で求めたオフセット量で補正する第3工程と、を有し、

該第3工程で得られた前記変換パラメータ及び前記設計上の配列座標より前記複数のショット領域のそれぞれの前記静止座標系上での座標位置を算出することを特徴とする位置合わせ方法。

【請求項3】 N (N は2以上の整数)枚の基板内の各基板毎に、該基板上に設計上の配列座標に従って2次元的に配列された複数のショット領域のそれぞれを、前記基板の移動位置を規定する静止座標系内の所定の基準位置に対して位置合わせするに際して、前記複数のショット領域の内、予め選択されたショット領域の前記静止座標系における座標位置を計測し、該計測された複数の座標位置を統計演算することによって、前記複数のショット領域のそれぞれの前記静止座標系上における座標位置を算出し、該算出された座標位置に従って前記基板の移動位置を制御することによって、前記複数のショット領域のそれぞれを前記基準位置に対して順次位置合わせする方法において、

前記統計演算によって算出された座標位置に従って k (k は2以上で N 以下の整数)枚目以降の基板の複数のショット領域のそれぞれを前記基準位置に対して位置合わせするのに先だって、 $(k-1)$ 枚目までの基板の内少なくとも1枚については、2つのアライメントセンサを用いて位置計測を行うと共に、それぞれのアライメントセンサで計測された座標位置の統計演算結果の差分、及びそれぞれのアライメントセンサで計測された座標位置のショット領域内での統計演算結果を求めて記憶し、

k 枚目以降の位置合わせに際しては、前記2つのアライメントセンサの内一方のアライメントセンサのみにより計測対象とするショット領域の位置計測を行い、該計測結果を統計演算して得られた結果を、既に記憶した前記2つのアライメントセンサで計測された座標位置の統計演算結果の差分を用いて補正し、該補正結果に基づいて位置合わせすることを特徴とする位置合わせ方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、例えば半導体デバイスや液晶表示デバイス等を製造するためのリソグラフィ工程で使用される露光装置において、マスクパターンを順次感光基板上の各ショット領域に露光するために、統計

3

的手法を用いて予測した配列座標に基づいて各ショット領域の位置決めを行う場合に適用して好適な位置合わせ方法に関する。

【0002】

【従来の技術】一般に半導体素子は、ウエハ上に例えば数層～十数層の回路パターンを重ね合わせて形成されるので、ステッパ等の投影露光装置で2層目以降の回路パターンをウエハ上に投影露光する際には、ウエハ上で既に回路パターンが形成された各ショット領域とこれから露光するマスクとしてのレチクルのパターン像との位置合わせ、即ちウエハとレチクルとの位置合わせ（アライメント）を高精度に行う必要がある。斯かる位置合わせを行うためのアライメント装置は、大別して、ウエハ上の各ショット領域に付設されたアライメントマーク（ウエハマーク）の位置を検出して光電信号を生成するアライメントセンサと、その光電信号を処理してそのウエハマークの本来の位置からのずれ量を求める信号処理系と、求めたずれ量に応じてウエハ、又はレチクルの位置を補正する位置決め機構と、から構成されている。

【0003】そのアライメントセンサの方式には、レチクル上のアライメントマーク（レチクルマーク）と、ウエハマークとを投影光学系を介して同時に観察（検出）するTTR（スルー・ザ・レチクル）方式と、レチクルマークは検出せずに投影光学系を介してウエハマークだけを検出する TTL（スルー・ザ・レンズ）方式と、投影光学系から離れた検出系を介してウエハマークだけを検出するオフ・アクシス方式とがある。

【0004】これらの内で、TTR方式、又はTTL方式に関しては、投影光学系を介してウエハマークを検出すると共に、投影光学系は露光光に対して最も色収差が良くなるように設計されているため、望ましい光はレーザビーム（単色光）、又は露光光と同じ程度の波長域の準単色光（例えば水銀ランプのg線、i線等の輝線スペクトル）である。従って、TTR方式、又はTTL方式のアライメントセンサとしては、ドット列パターン状のウエハマークとスリット状に集光されるレーザビームとを相対走査し、所定方向に発生する回折光を検出することによりそのウエハマークの位置を検出するレーザ・ステップ・アライメント（以下、「LSA」と言う）方式、又は回折格子状のウエハマークに対して複数方向からレーザビームを照射し、そのウエハマークから同一方向に射出される複数の回折光の干渉光の位相よりそのウエハマークの位置を検出する2光束干渉方式（以下、「LIA（Laser Interferometric Alignment）方式」と言う）のように、検出光としてレーザビームを使用するものが主に使用されている。LSA方式、及びLIA方式のアライメントセンサは、例えば特開平2-272305号公報に開示されている。

【0005】一方、オフ・アクシス方式では、投影光学系による制限が無いため、ウエハマークの照明光はどの

4

ようなものであってもよい。上述のLSA方式、又はLIA方式のアライメントセンサも使用できる。更に、オフ・アクシス方式としては、ハロゲンランプ等からの所定の帯域幅（例えば幅200nm程度）の照明光（ブロードバンド光）でウエハマークを照明し、このウエハマークの像を撮像して得られる撮像信号を画像処理してウエハマークの位置を求める画像処理方式（以下、「FIA（Field Image Alignment）方式」と呼ぶ）のアライメントセンサも使用されている。

【0006】また、それらのアライメント装置を用いてウエハの各ショット領域のアライメントを行う方法として、エンハンスト・グローバル・アライメント（以下、「EGA」と言う）方式のアライメント方法が提案されている（例えば特開昭61-44429号公報参照）。このEGA方式では、ウエハ上の多数のショット領域中から選択されたショット領域（サンプルショット）に付設されたウエハマークの位置を検出し、この検出結果を統計処理することにより、ウエハ上の各ショット領域の座標位置が算出され、この算出された座標位置に基づいて各ショット領域の位置決めが行われる。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】上記の如き従来のアライメントセンサの中で、FIA方式のアライメントセンサは、広帯域の照明光を使用するため、ウエハ上に塗布されたフォトリソ層での薄膜干渉の影響を受けにくいと共に、ウエハマークの非対称性を受けにくいという利点がある。そのため、特にウエハマークの非対称性が大きい場合や、薄膜干渉の影響を避けたい場合等には、ウエハマークの位置計測をFIA方式のアライメントセンサで行うことが望ましい。

【0008】しかしながら、FIA方式のアライメントセンサでは、広帯域の照明光を使用するため、光学系の製造誤差等に起因して僅かに残留してしまう収差（色収差等）によって、プロセスウエハの種類によってはウエハマークの位置の検出結果に若干のオフセット（プロセスオフセット）が重畳される可能性があるという不都合がある。

【0009】また、上述のEGA方式でアライメントを行う際にも、特にウエハマークの非対称性が大きい場合や、薄膜干渉の影響を避けたい場合等には、アライメントセンサとしてはFIA方式を使用することが望ましい。しかしながら、この場合にもプロセスウエハの種類によっては検出結果にプロセスオフセットが重畳される可能性がある。更に、EGA方式は位置決め精度とスループット（単位時間当りのウエハの処理枚数）との両方を高める方式であるため、そのプロセスオフセットの影響を除くためにスループットが大きく低下するのは望ましくない。

【0010】本発明は斯かる点に鑑み、FIA方式（撮像方式）のアライメントセンサを使用して位置合わせを

行う場合に、スルーブットを大きく低下させることなく、位置合わせ精度を向上できる位置合わせ方法を提供することを目的とする。更に本発明は、例えばFIA方式のようなアライメントセンサを使用してEGA方式でアライメントを行う際に、スルーブットを大きく低下させることなく、位置合わせ精度を向上できる位置合わせ方法を提供することを目的とする。

【0011】

【課題を解決するための手段】本発明による第1の位置合わせ方法は、基板(W)上に設計上の配列座標に従って2次元的に配列された複数のショット領域($S_1 \sim S_n$)中の所定の計測対象とする複数のショット領域に付設された位置合わせ用マーク(MX₀)の位置を、その基板の移動位置を規定する静止座標系(X, Y)上で検出し、この検出結果に基づいてそれら複数のショット領域のそれぞれを静止座標系(X, Y)上で移動させて所定の基準位置に位置合わせする方法、即ちダイ・バイ・ダイ方式、又はEGA方式等で位置合わせを行う方法において、所定の計測対象とする複数のショット領域中の少なくとも1つのショット領域に付設された位置合わせ用マークの位置を、撮像素子(34X)で計測対象のマークの像を撮像して画像処理によりその計測対象のマークの位置を求める撮像方式の第1のアライメントセンサ(36)と、受光素子(8)で計測対象のマークからの光を光電変換して得られた信号を処理してその計測対象のマークの位置を求める第2のアライメントセンサ(10)とを用いて計測する第1工程を有する。

【0012】更に、この第1の位置合わせ方法では、第1及び第2のアライメントセンサ(36, 10)の計測結果の差分より第1のアライメントセンサ(36)の計測結果のオフセット量を求める第2工程と、その所定の計測対象とする複数のショット領域中の残されたショット領域に付設された位置合わせ用マークの位置を、第1のアライメントセンサ(36)を用いて計測した後、第1のアライメントセンサ(36)の計測結果をその第2工程で求めたオフセット量で補正する第3工程と、を有し、この第3工程で補正して得られた計測結果に基づいてそれら複数のショット領域のそれぞれをその基準位置に位置合わせするものである。

【0013】次に、本発明の第2の位置合わせ方法では、基板(W)上に設計上の配列座標に従って2次元的に配列された複数のショット領域の内、予め選択された複数のショット領域($S_1 \sim S_n$)に付設された位置合わせ用マークの基板(W)の移動位置を規定する静止座標系(X, Y)上での位置を検出し、この検出結果を統計処理してその設計上の配列座標から静止座標系(X, Y)上の座標への変換パラメータを算出し、この算出された変換パラメータ、及びその設計上の配列座標に基づいて算出したそれら複数のショット領域の座標位置に基づいて基板(W)の移動位置を制御することによって、

それら複数のショット領域のそれぞれを所定の基準位置に順次位置合わせする方法、即ちEGA方式の位置合わせ方法において、それら予め選択された複数のショット領域($S_1 \sim S_n$)中の少なくとも1つのショット領域に付設された位置合わせ用マークの位置を、撮像素子(34X)で計測対象のマークの像を撮像して画像処理によりその計測対象のマークの位置を求める撮像方式の第1のアライメントセンサ(36)と、受光素子(8)で計測対象のマークからの光を光電変換して得られた信号を処理してその計測対象のマークの位置を求める第2のアライメントセンサ(10)とを用いて計測する第1工程を有する。

【0014】更にこの第2の位置合わせ方法では、第1及び第2のアライメントセンサ(36, 10)の検出結果を個別に統計処理してそれぞれその設計上の配列座標から静止座標系(X, Y)上の座標への第1及び第2の変換パラメータを算出し、これら2つの変換パラメータの差分よりその第1の変換パラメータのオフセット量を求める第2工程と、それら予め選択された複数のショット領域($S_1 \sim S_n$)中の残されたショット領域に付設された位置合わせ用マークの位置を、第1のアライメントセンサ(36)を用いて計測した後、その第1のアライメントセンサの計測結果を統計処理して得られるその設計上の配列座標から静止座標系(X, Y)上の座標への変換パラメータをその第2工程で求めたオフセット量で補正する第3工程と、を有し、この第3工程で得られた変換パラメータ及びその設計上の配列座標よりそれら複数のショット領域のそれぞれの静止座標系(X, Y)上での座標位置を算出するものである。

【0015】また、本発明の第3の位置合わせ方法は、N(Nは2以上の整数)枚の基板内の各基板毎に、EGA方式で位置合わせする場合に、その統計演算によって算出された座標位置に従ってk(kは2以上でN以下の整数)枚目以降の基板上の複数のショット領域のそれぞれをその基準位置に対して位置合わせするのに先だって、(k-1)枚目までの基板の内少なくとも1枚については、2つのアライメントセンサ(36, 10)を用いて位置計測を行うと共に、それぞれのアライメントセンサで計測された座標位置の統計演算結果の差分、及びそれぞれのアライメントセンサで計測された座標位置のショット領域内での統計演算結果を求めて記憶し(ステップ103~105)、k枚目以降の位置合わせに際しては、それら2つのアライメントセンサの内の一方のアライメントセンサ(36)のみにより計測対象とするショット領域の位置計測を行い(ステップ110)、この計測結果を統計演算して得られた結果を、既に記憶したそれら2つのアライメントセンサで計測された座標位置の統計演算結果の差分を用いて補正し(ステップ111)、この補正結果に基づいて位置合わせするものである。

【0016】

【作用】斯かる本発明の第1の位置合わせ方法によれば、ダイ・バイ・ダイ方式、又はEGA方式等で位置合わせを行う際に、計測対象とするショット領域の少なくとも1つについては、撮像方式（FIA方式）の第1のアライメントセンサ（36）と、例えばLIA方式の第2のアライメントセンサ（10）とで計測を行って、例えばオフセットについては、その第2のアライメントセンサ（10）の計測値を用いるため、そのオフセットの計測結果の差分を求めて記憶しておく。そして、残りの

ショット領域については、第1のアライメントセンサ（36）で計測を行った後、オフセットについては記憶してある差分で補正を行う。これにより、位置合わせ精度が向上する。

【0017】次に、第2の位置合わせ方法によれば、1枚の基板（ウエハ等）についてEGA方式で位置合わせを行う際に、少なくとも1つのショット領域に関して2つのアライメントセンサ（36、10）の計測結果よりそれぞれ変換パラメータ中の例えばオフセットパラメータが求められて、記憶される。その後、残りのショット領域（サンプルショット）の計測をFIA方式の第1のアライメントセンサ（36）で行い、計測結果から求めた変換パラメータ中のオフセットパラメータを記憶してある差分で補正することにより、変換パラメータが正確に求められる。

【0018】次に、第3の位置合わせ方法によれば、2枚以上のN枚の基板について順次EGA方式で位置合わせを行う際に、始めの少なくとも1枚については2つのアライメントセンサの計測結果より個別に変換パラメータを求め、その中の所定の変換パラメータの差分を求めておく。そして、残りの基板については、一方の例えばFIA方式のアライメントセンサの計測結果より求めた変換パラメータを記憶してある差分で補正して得られたパラメータを使用する。

【0019】

【実施例】以下、本発明による位置合わせ方法の一実施例につき図面を参照して説明する。図2は本実施例で使用するアライメント装置を備えた投影露光装置の要部の構成を示し、この図2において、露光用の照明光（水銀ランプからのg線、i線、あるいはエキシマレーザ光源からの紫外線パルス光）ILはコンデンサーレンズCLを介してレチクルRのパターン領域PAを均一な照度分布で照射する。パターン領域PAを通った照明光ILは、例えば両側（片側でもよい）テレセントリックな投影光学系PLに入射し、ウエハWに達する。投影光学系PLは照明光ILの波長に関して最良に収差補正されており、その波長のもとでレチクルRとウエハWとは互いに共役になっている。以下では、投影光学系PLの光軸AXに平行にZ軸を取り、Z軸に垂直な平面内で図2の紙面に平行にX軸を取り、図2の紙面に垂直にY軸を取

って説明する。

【0020】さて、レチクルRは2次的に微動可能なレチクルステージRSに保持され、レチクルRはその周辺に形成されたレチクルアライメントマークがミラー16、対物レンズ17、マーク検出系18からなるレチクルアライメント系で検出されることによって、投影光学系PLの光軸AXに関して位置決めされる。一方、ウエハWは駆動系13によって2次的に移動するウエハステージST上に載置され、ウエハステージSTの座標値は干渉計12により逐次計測される。ステージコントローラ14は干渉計12からの座標計測値等に基づいて駆動系13を制御して、ウエハステージSTの移動や位置決めを制御する。ウエハステージST上にはベースライン計測等で使用する基準マークFMが設けられている。ベースライン計測とは、アライメントセンサの検出中心と、投影光学系PLの露光フィールドの中心との間隔（ベースライン）の計測を行うことであり、本例ではそのベースラインは予め求められている。

【0021】次に、本実施例でウエハW上の各ショット領域に付設されているアライメントマークとしてのウエハマークにつき説明する。図3（a）はウエハW上の1つのショット領域S。と、このショット領域S。に付設されたウエハマークMX。、MY。との位置関係を示し、この図3（a）において、ショット領域S。の4辺はスクライプラインSCLで囲まれ、スクライプラインSCLの直交する2辺のそれぞれの中心部分にX方向に所定ピッチで配列されたウエハマークMX。、及びY方向に所定ピッチで配列されたウエハマークMY。が形成されている。ショット領域S。の中心点SCは、露光時には投影光学系PLの光軸AX上にある。そして、ウエハマークMX。、MY。はそれぞれ中心SCを原点にX方向、Y方向のそれぞれに伸びた直線CX、CY上に位置する。ウエハマークMX。はX方向の位置検出に使われ、ウエハマークMY。はY方向の位置検出に使われ、それぞれ複数本の線状パターンを平行に並べたマルチマークとなっている。

【0022】図3（b）はマークMX。の拡大図であり、Y方向に伸びた5本の線状パターンP₁、P₂、P₃、P₄、P₅がX方向にほぼ一定のピッチで配列されている。図3（c）はそのウエハマークMX。のX方向の断面構造を示し、ここでは5本の線状パターンP₁～P₅はウエハWの下地から突出した凸状に形成され、その上面はフォトリソ層PRで被覆されている。図3（a）にも示したように、ショット領域S。の中心SCを通るY軸と平行な直線CXはウエハマークMX。の中央の線状パターンP₃の幅中心を通るものとする。なお、ウエハマークMY。に関しても同様で、5本の線状パターンからなり、中央の線状パターンの中心線が直線CYと一致している。

【0023】図2に戻り、本実施例では、第1のアライ

メントセンサとしてのオフ・アクシス方式でFIA方式（撮像方式）のアライメントセンサ（以下、「FIA系」と呼ぶ）36と、第2のアライメントセンサとしてのTTL方式でLIA方式（2光束干渉方式）のアライメントセンサ（以下、「LIA系」と呼ぶ）10とが設けられている。本実施例では、図3に示すウエハマークMX、MYをTTL方式のLIA系10と、オフ・アクシス方式のFIA系36とで共通に検出対象とする。なお、LIA系10とFIA系36とで検出対象とするウエハマークを別にしてもよい。この場合、異なる種類のウエハマークの位置ずれ量が予め求められていれば問題は無い。

【0024】次にアライメントセンサの構成につき詳細に説明する。まず、後者のLIA系10において、レーザー光源1からのレーザービームLBはHe-Neレーザー光等の赤色単色光で、ウエハW上のフォトレジスト層に対して非感光性である。このレーザービームLBは音響光学変調素子等を含むヘテロダインビーム生成光学系2に入射し、ヘテロダインビーム生成光学系2から周波数が僅かに異なり互いに可干渉の2本のレーザービームLB1及びLB2が所定の交差角で射出される。

【0025】射出された2本のレーザービームLB1、LB2は、ミラー3a、レンズ系4を経て一度フーリエ変換された後、ミラー3b、対物レンズ6を経て逆フーリエ変換された後、レチクルRの下方に45°の傾斜角で斜設されたミラー7で反射されて投影光学系PLの視野の周辺に入射する。そして、レーザービームLB1、LB2は投影光学系PLの瞳EP付近で再びフーリエ変換された後、それぞれ平行光束としてウエハW上にXZ平面内で所定の交差角で入射する。この場合、ミラー7はレチクルRのパターン領域PAの周辺よりも外側で、且つ投影光学系PLの視野内にあるように固定される。従って、ウエハW上に交差するレーザービームLB1、LB2は、パターン領域PAの投影像の外側に位置する。この交差する1対のレーザービームによってウエハWの各ショット領域に付設された回折格子状のアライメントマーク（ウエハマーク）のX方向の位置を検出するには、そのウエハマークのピッチと2つのレーザービームの交差角とを所定の関係にして、そのウエハマークから回折格子が同一方向に射出されるようにする。

【0026】図5は、ウエハW上の所定のウエハマークMX、に2本のレーザービームLB1、LB2が対称に照射されている状態を示し、この図5において、ウエハマークMX、から一方のレーザービームLB1の+1次回折光と他方のレーザービームLB2の-1次回折光とよりなる回折光LB3が垂直上方に射出されている。レーザービームLB1とレーザービームLB2とは周波数が僅かに異なる可干渉光であるため、回折光LB3は、その周波数差をビート周波数として光強度が変化するヘテロダインビームである。また、そのウエハマークMX、のX方

向の位置に応じてその回折光LB3の位相が変化するため、その回折光LB3を光電変換して得られるビート信号の位相を、例えば参照用のヘテロダインビームを光電変換して得られるビート信号の位相と比較することにより、そのウエハマークMX、のX方向の位置が極めて高い分解能（例えば数nm程度）で求められる。

【0027】図2に戻り、ウエハW上のウエハマークからほぼ垂直上方に発生する回折光は、投影光学系PL、ミラー7、対物レンズ6、及びミラー3bを経て、2本の入射側のレーザービームLB1、LB2の間に配置された小型のミラー5で反射されて、受光素子8に達する。受光素子8で光電変換して得られるビート信号は、干涉計12からのウエハステージSTの位置計測信号PDSと共に、LIA演算ユニット9に供給される。LIA演算ユニット9には、ヘテロダインビーム生成光学系2内で生成される基準のヘテロダインビームを光電変換して得られる参照ビート信号も供給され、LIA演算ユニット9では2つのビート信号の位相を比較して、計測対象のウエハマークのX方向への位置の情報AP_iを求め、この情報を主制御系50に供給する。

【0028】このとき、例えば基準ビート信号の位相とウエハマークに対応するビート信号の位相とが合致しているときには、例えばウエハステージSTのX座標が、そのままそのウエハマークのX座標となり、基準ビート信号とウエハマークに対応するビート信号との位相がずれているときには、その位相のずれ量を変位に換算した値に、そのウエハステージSTのX座標を加算した座標がそのウエハマークのX座標となる。また、ビート信号の位相はウエハマークの例えば1/2ピッチ周期で360°変化するため、予めサーチアライメント（後述）等により例えばウエハマークの1/2ピッチ以下の精度でウエハWの位置決めを行う必要がある。

【0029】以上において、レーザー光源1、ヘテロダインビーム生成光学系2、ミラー3a、3b、レンズ系4、ミラー5、対物レンズ6、ミラー7、受光素子8、LIA演算ユニット9、及び投影光学系PLが、ウエハWに対するLIA系10を構成する。なお、このLIA系10はX軸用のウエハマークの位置を検出するためのアライメントセンサであり、同一構成でY軸用のウエハマークのY方向の位置を検出するためのLIA系（不図示）も備えられている。

【0030】次に、第1のアライメントセンサとしてのFIA系36において、ハロゲンランプ20から発生した広帯域の光は、コンデンサーレンズ21によって光ガイド22の一端面に集光される。光ガイド22を通った光は、フォトレジスト層の感光波長（短波長）域と赤外波長域とをカットするフィルター23を通して、レンズ系24を介してハーフミラー25に達する。ここで反射された照明光は、ミラー26でほぼ水平に反射された後、対物レンズ27に入射し、更に投影光学系PLの鏡

筒下部の周辺に投影光学系PLの視野を遮光しないように固定されたプリズム(ミラー)28で反射されてウエハWをほぼ垂直に照射する。ここでは図示していないが、光ガイド22の射出端から対物レンズ27までの光路中には、適当な照明視野絞りが対物レンズ27に関してウエハWと共役な位置に設けられる。また、対物レンズ27はテレセントリック系とし、その開口絞り(瞳と同じ)の面27aには光ガイド22の射出端の像が形成され、ケーラー照明が行われる。対物レンズ27の光軸はウエハW上では垂直となるように定められ、マーク検出時に光軸の倒れによるマーク位置のずれが生じないようにしている。

【0031】さて、ウエハWからの反射光は対物レンズ28、ハーフミラー25を通り、レンズ系29によって指標板30に結像される。この指標板30は対物レンズ27とレンズ系29とによってウエハWと共役に配置され、矩形の透明窓内にX方向とY方向とのそれぞれに伸びた直線状の指標マークを有する。従って、ウエハW上のウエハマークの像は指標板30の透明窓内に結像され、このウエハマーク像及び指標マークからの光束は、第1リレー系31を経てハーフミラー32に入射し、ハーフミラー32で2分割された光束が第2リレー系33X及びSSYを介してそれぞれCCDカメラ等の撮像素子34X及び34Y上に結像する。撮像素子34X、34Yからの撮像信号はFIA(フィールド・イメージ・アライメント)演算ユニット35に、干渉計12からの位置計測信号PDSと共に供給される。FIA演算ユニット35は指標板30上の指標マークに対するウエハマーク像のずれを撮像信号の波形に基づいて求める。この場合、X軸用の撮像素子34Xからの撮像信号を処理することによりウエハマークのX方向の位置が検出され、Y軸用の撮像素子34Yからの撮像信号を処理することによりウエハマークのY方向の位置が検出される。

【0032】図4はX軸用の撮像素子34Xによって検出されるウエハマークMX。の様子を示し、図4に示すように、検出すべきウエハマークMX。を指標板30(図2参照)上の指標マーク30a、30bの間に位置決めし、そのときのウエハステージSTの精密なX方向の位置XAを求めておく。撮像素子34XはウエハマークMX。の5本の線状パターンP₁~P₅と指標マーク30a、30bとの像を走査線SLに沿って電気的に走査する。このとき、例えば1本の走査線だけではSN比の点で不利なので、破線で示したビデオサンプリング領域VSAに入る複数の水平走査線によって得られる撮像信号のレベルを水平方向の各画素毎に加算平均するとよい。撮像信号には両側に指標マーク30a、30bのそれぞれに対した立上りと立下りとの波形部分があり、これらの位置(画素上の位置)XR₁、XR₂は予め求めてあり、その中点の位置XR。も求めてある。

【0033】一方、撮像素子34XはウエハマークMX

の明視野像を光電検出しているため、5本の線状パターンP₁~P₅のそれぞれの左右の段差エッジでは光の散乱によって対物レンズ27へ戻る光が極端に減少する。このため、線状パターンP₁~P₅のそれぞれの左エッジ、右エッジは黒い線のように撮像される。従って、撮像信号上の波形は各線状パターンの左エッジ、右エッジに対応した位置でボトムとなる。

【0034】FIA演算ユニット35は、このような波形に基づいてウエハマークMX。(パターンP₁~P₅)の中心(直線CX)のX方向の位置Xmを計算する。更に詳しく述べるなら、FIA演算ユニット35はパターンP₁~P₅のそれぞれの中心位置を左、右のエッジ位置に基づいて算出した後、5本の線状パターンP₁~P₅の各位置を加算して5で除算して、中心となるべきX方向のマーク位置を検出する。

【0035】そして、FIA演算ユニット35は先に求めておいた位置XR。とマーク計測位置Xmとの差 ΔX ($=XR。-Xm$)を算出し、ウエハステージSTが位置決めされたときの位置XAに差 ΔX Fを加えて得られた値をマーク位置情報AP2として主制御系50に出力する。また、FIA系36において、フィルター23を通ったウエハWの照明光は、ウエハW上のウエハマークを含む局所領域(ショット領域よりも小さい)をほぼ均一な照度で照明し、波長域は200nm程度の幅に定められる。

【0036】そして、ハロゲンランプ20から符号順にFIA演算ユニット35までの部材によって、FIA系36が構成される。また、対物レンズ27、レンズ系29、リレー系31、33X(又は33Y)によるテレセントリック結像光学系には波長帯域幅で200nm程度の光が通るため、当然それに対応した色収差の補正を行っておく必要がある。更に、対物レンズ27のウエハ側の開口数(N.A.)は投影光学系PLの開口数よりも小さくしておくといよい。

【0037】本実施例ではプリズム28によって、対物レンズ27の観察視野域を投影光学系PLの鏡筒下面に一部もぐり込ませ、極力投影光学系PLの視野に近づけている。一般にこの種の投影露光装置には、投影光学系PLの結像面とウエハWの表面との間隔(ずれ)を精密に検出するフォーカスセンサと、ウエハW上のショット領域の面と投影光学系PLの結像面との相対的な傾きを検出するレベリングセンサとが設けられている。このフォーカスセンサやレベリングセンサは、投影光学系PLの投影視野が存在するウエハW上に斜めから赤外域の光束を照射し、その反射光の受光位置のずれを求めてフォーカスとレベリングを行うように構成されている。この際に、対物レンズ27の開口数が小さいと、対物レンズ27の焦点深度が深くなり、そのフォーカスセンサの検出結果により合焦を行うと、ほぼFIA系36でも合焦状態で検出が行われる。

13

【0038】また、図2中の構成でオフ・アクシス方式のFIA系36の検出中心（指標板30の中心の共役像の位置）は投影光学系PLの中心から離れているので、干渉計12の計測位置と投影光学系PLの中心とを結ぶ直線、即ち測長軸（測長ビーム中心線）上にそのFIA系36の検出中心を設けることによって、アップ誤差（ステージの傾きによる軸外エラー）を最小限に抑えている。

【0039】また、アライメント実行時はウエハの大まかな位置合せのためのサーチアライメント（グローバルアライメント）と、高精度にアライメントするファインアライメントとを行う必要がある。このサーチアライメントに関しては、例えば特開昭60-130742号公報に開示されているように、TTL方式のアライメント系とオフ・アクシス方式のアライメント系とを混用する方法もある。本実施例の装置では、通常は処理速度の速いTTL方式のLIA系10によってウエハ上の3ヶ所、又は2ヶ所のアライメントマークを検出してサーチアライメントを行うシーケンスを採る。しかしながら、ウエハ下地、又はフォトレジスト層の厚みや種類によってアライメントが正常に行われない場合（特にマーク検出がうまくいかない場合）もあるので、オフ・アクシス方式の広帯域幅の照明波長を用いたFIA系36を使ってサーチアライメントを実行するようにシーケンスを切替える手段も設けられている。この場合、TTL方式のLIA系10でサーチアライメントを行うときのマーク検出時間、マーク検出信号の大きさや歪み等を判定して、シーケンスを切り換える。

【0040】次に、TTL方式のLIA系10、オフ・アクシス方式のFIA系36、及びステージコントローラ14等を統轄制御する主制御系50について説明する。主制御系50は干渉計12からの位置情報PDSを常時入力しているものとする。アライメント（ALG）データ記憶部501は、LIA演算ユニット9からのマーク位置情報AP₁と、FIA演算ユニット35からのマーク位置情報AP₂との両方を入力可能となっている。

【0041】EGA（エンハンスド・グローバル・アライメント）演算ユニット502は、ALGデータ記憶部501に記憶された各マーク位置情報に基づいて統計的な演算手法によりウエハ上の実際のショット配列座標値を算出するもので、その算出結果はシーケンスコントローラ506に送られる。詳しくは、特開昭61-44429号公報に開示されている。

【0042】露光（EXP）ショットマップデータ部503はウエハ上の露光すべきショット領域（正確にはこれに付設されたウエハマーク）の配列座標値の設計値を格納し、この設計値はEGA演算ユニット502とシーケンスコントローラ506とに送られる。アライメント（ALG）ショットマップデータ部504はウエハ上の

14

計測対象とするショット領域（サンプルショット）の配列座標値の設計値を格納し、この座標値はEGA演算ユニット502とシーケンスコントローラ506とへ送られる。補正データ記憶部505にはアライメント用の各種データ、あるいは露光ショットに対する位置決め補正用のデータ等が格納され、これら補正データはALGデータ記憶部501やシーケンスコントローラ506へ送られる。シーケンスコントローラ506は上記各データに基づいて、アライメント時やステップ・アンド・リピート方式の露光時のウエハステージSTの移動を制御するための一連の手順を決定する。

【0043】次に本実施例の代表的なアライメントシーケンスを説明する。ここでは高いスループットと、高いアライメント精度との両立を得ることができるエンハンスド・グローバル・アライメント（EGA）方式について説明するが、詳細については特開昭61-44429号公報に開示されているので、その原理についてはここでは簡単に説明する。

【0044】EGA方式では、ウエハW上の複数個（例えば3～9個）のショット領域のウエハマークの位置を計測し、その計測値に最小自乗近似法を適用して、ウエハステージSTのステージ座標系、即ち干渉計12によるX方向、及びY方向の計測値によって規定される座標系（X、Y）内での微小回転誤差（ローテーション） θ 、ウエハ上のショット配列（又はウエハステージSTの走り）の直交度 w 、ウエハの線形な微小伸縮による誤差（スケーリング） R_x 、 R_y 、及びウエハのX、Y方向の微小位置ずれであるオフセット O_x 、 O_y のパラメータを求める。そして、それら各パラメータを介在として設計上のショット配列座標を実際に露光すべきショット配列座標（ウエハステージSTのステッピング位置座標）に変換して、ウエハ上の各ショット領域S、ヘレチクルRのパターン領域PAの像を重ね合わせ露光していく。

【0045】ここでウエハ上の各ショット領域S、の設計上の配列座標値を（ D_{xn} 、 D_{yn} ）とし、実際のステッピングにより位置決めするウエハの座標値、即ちそれら各ショット領域のステージ座標系（X、Y）での配列座標値を（ F_{xn} 、 F_{yn} ）とすると次の（数1）の関係がある。

【0046】

【数1】

$$\begin{bmatrix} F_{xn} \\ F_{yn} \end{bmatrix} = A \begin{bmatrix} D_{xn} \\ D_{yn} \end{bmatrix} + O$$

【0047】ここで変換行列A、Oは、スケーリング R_x 、 R_y 、ローテーション θ 、直交度 w 、及びオフセット O_x 、 O_y よりなる6個の変換パラメータを用いて、それぞれ近似的に次の（数2）、（数3）で表される。

【0048】

15

【数2】

$$A = \begin{bmatrix} R_x & -R_x(w + \theta) \\ R_y \cdot \theta & R_y \end{bmatrix}$$

【0049】

【数3】

$$O = \begin{bmatrix} O_x \\ O_y \end{bmatrix}$$

【0050】そして、ウエハ上の複数のショット領域から予め選択されたショット領域（サンプルショット）に付設されたウエハマークの位置を計測する。この場合、 n 番目（ $n=1, 2, \dots$ ）のサンプルショットをも S 。で表し、サンプルショット S 。に付設されたウエハマーク MX 、 MY 。の位置をアライメントセンサにより計測して得られた配列座標値を（ Mx_n, My_n ）とする。次に、そのサンプルショット S 。の設計上の配列座*

$$\text{残留誤差成分} = \sum_{n=1}^M \{ (Mx_n - Fx_n)^2 + (My_n - Fy_n)^2 \}$$

【0053】こうして変換行列 A 、 O が決まると、後は設計上の配列座標（ Dx_n, Dy_n ）を（数1）に代入して、配列座標（ Fx_n, Fy_n ）を求め、これに基づいてウエハステージ ST を位置決めして露光していけばよい。ここで図2に示した主制御系50に対応付けてみると、ウエハ上の全部のショット領域の設計上の配列座標値（ Dx_n, Dy_n ）はEXPショットマップデータ部503に記憶され、サンプルショットの設計上の座標値はALGショットマップデータ部504に記憶され、そして（数1）～（数3）、及び変換行列 A 、 O を決定する最小自乗近似の演算式はEGA演算ユニット502に記憶されている。

【0054】本実施例では、2つのアライメントセンサが備えられているため、サンプルショットの各ウエハマークの座標値を検出するアライメントセンサによって、得られる（数1）の変換行列 A 、 O のパラメータが2通りとなる。即ち、LIA系10の計測結果に基づいてEGA方式のアライメントを実行すると、（数1）中の6個の変換パラメータ、即ちスケーリング R_x, R_y 、ローテーション θ 、直交度 w 、及びオフセット O_x, O_y が求められる。同様に、FIA系36の計測結果に基づいてEGA方式のアライメントを実行すると、（数1）中の6個の変換パラメータ、即ちスケーリング R_x, R_y 、ローテーション θ 、直交度 w 、及びオフセット O_x, O_y が求められる。しかしながら、例えばFIA系36の計測結果に基づいて得られた変換パラメータ中には、所定の偏りのあることがある。そこで、そのような偏りのあるパラメータについては、LIA系10の計測結果に基づいて得られる変換パラメータで補正して使用することとする。

【0055】次に、本実施例において1ロットのウエハ

16

*標（ Dx_n, Dy_n ）を（数1）に代入して得られる計算上の配列座標値を（ Fx_n, Fy_n ）として、この配列座標値（ Fx_n, Fy_n ）と実測値（ Mx_n, My_n ）との誤差、即ちアライメント誤差（ Ex_n, Ey_n ）（ $= (Mx_n - Fx_n, My_n - Fy_n)$ ）を求める。その後、全てのサンプルショットについて求めたアライメント誤差の自乗和、即ち残留誤差成分が最小となるように、変換行列 A 、 O の各パラメータの値を決定する。

【0051】サンプルショットの個数を M 個とすると、その残留誤差成分は次の（数4）で表される。一例として、その（数4）を6個の変換パラメータで偏微分した結果をそれぞれ0とおいた連立方程式を解くことにより、それら6個の変換パラメータの値が求められ、変換行列 A 、 O が定まる。

【0052】

【数4】

について、それぞれEGA方式で位置合わせ（アライメント）を行いながら露光を行う場合の動作の一例につき、図1のフローチャートを参照して説明する。以下の動作は、ウエハ上の所定の回路パターン層（プロセスレイヤ）への露光を行う場合の動作を示している。そして、そのプロセスレイヤでは、予め試作時の実験及び評価の結果、FIA方式のアライメントセンサによる計測結果に基づいて求めたEGAパラメータ中のオフセット O_x, O_y にはほぼ一定の傾向を有する誤差、即ち真値からの所定の偏り（以下、「プロセスオフセット」とも呼ぶ）が混入しているが、他のパラメータの誤差は小さく、一方、LIA方式のアライメントセンサによる計測結果に基づいて求めたEGAパラメータ中でオフセット O_x, O_y の誤差は小さいことが分かっているものとする。

【0056】まず、主制御系50に対して、FIA系36を用いる第1のEGA方式のアライメントシーケンスと、LIA系10を用いる第2のEGA方式のアライメントシーケンスとを記憶させ、ウエハ上で計測対象とするショット領域（サンプルショット）の配列は、第1及び第2のEGA方式のアライメントシーケンスで同じに設定しておく。そして、2つのアライメントシーケンスによりそれぞれ求められるEGAパラメータの中で、オフセット O_x, O_y のみは第2のアライメントシーケンスにより求められたEGAパラメータに基づいて後述のように補正を行うが、他のパラメータについては第1のアライメントシーケンスにより求められたEGAパラメータをそのまま用いるようにしておく。

【0057】具体的に、図1のステップ101において、1ロットの先頭のウエハ W を図2のウエハステージ ST 上にロードする。図6は、露光対象のウエハ W を示

し、この図6において、ウエハW上にはウエハW上の座標系（試料座標系） (x, y) に沿って多数のショット領域が配列されているが、その中の計測対象のサンプルショット S_1, S_2, \dots, S_8 のみを示してある。その後、ステップ102において、サーチアライメント（グローバルアライメント）を行う。即ち、ウエハW上には各ショット領域に付設されるウエハマークとは別に、大まかな位置合わせ用のアライメントマークが試料座標系 (x, y) に沿って数個形成されている。そこで、例えば図2のLIA系10（Y軸用のLIA系も含む、以下同様）、又はFIA系36によりそれらのアライメントマークのステージ座標系（静止座標系） (X, Y) での座標値を計測し、この計測結果に基づいて、試料座標系 (x, y) からステージ座標系 (X, Y) への近似的な変換パラメータ（スケーリング、ローテーション、オフセット等）を求めて、図2の主制御系50内のEGA演算ユニット502内のメモリに記憶しておく。

【0058】その後、EGA方式のアライメントを行う際には、計測対象のウエハマークの試料座標系 (x, y) での配列座標と、その近似的な変換パラメータとから、EGA演算ユニット502においてそのウエハマークのステージ座標系 (X, Y) での座標値が算出され、この座標値がシーケンスコントローラ506を介してステージコントローラ14に供給される。そして、この供給された座標値に基づいて、計測対象のウエハマークがFIA系36の観察視野、又はLIA系10からのレーザビームの照射領域に移動される。

【0059】次にステップ103において、図2のFIA系36を用いて、図6のウエハW上のサンプルショット $S_1 \sim S_8$ の各ウエハマーク $(MX_i, MY_i) \sim (MX_8, MY_8)$ のステージ座標系 (X, Y) での座標値を計測して、EGA方式のアライメントを実行する。これにより得られる計測値をEGA演算ユニット502で演算処理することにより、設計上の配列座標からステージ座標系上の座標への変換パラメータであるEGAパラメータ（以下、「FIAパラメータ」と呼ぶ）が算出される。このFIAパラメータは、スケーリング R_x, R_y 、ローテーション θ 、直交度 w 、及びオフセット O_x, O_y から構成されている。

【0060】その後、ステップ104において、図2のLIA系10を用いて、図6のウエハW上のサンプルショット $S_1 \sim S_8$ の各ウエハマーク $(MX_i, MY_i) \sim (MX_8, MY_8)$ のステージ座標系 (X, Y) での座標値を計測して、EGA方式のアライメントを実行する。これにより得られる計測値をEGA演算ユニット502で演算処理することにより、設計上の配列座標からステージ座標系上の座標への変換パラメータであるEGAパラメータ（以下、「LIAパラメータ」と呼ぶ）が算出される。このLIAパラメータも、スケーリング R_x, R_y 、ローテーション θ 、直交度 w 、及びオフセット O_x, O_y から構成されている。

x, O_y から構成されている。

【0061】次のステップ105において、LIAパラメータ内のオフセット O_x, O_y からFIAパラメータの内のオフセット O_x, O_y をそれぞれ差し引いて差 $\Delta O_x, \Delta O_y$ を算出し、この差 $\Delta O_x, \Delta O_y$ を主制御系50内の補正データ記憶部505に格納する。そして、ここで計測を行ったウエハWに対しては、ステップ106において、スケーリング R_x, R_y 、ローテーション θ 、直交度 w については、FIAパラメータの値を使用し、オフセット O_x, O_y についてはLIAパラメータの値を使用して、EGA演算ユニット505により設計上の配列座標から全ショット領域のステージ座標系 (X, Y) での配列座標（露光座標）を算出する。その後、ステップ107に移行して、ステップ106で算出された配列座標をシーケンスコントローラ506を介してステージコントローラ14に順次供給することにより、ウエハW上の各ショット領域を順次投影光学系PLの露光フィールド内に位置決めしてそれぞれレチクルRのパターン像を露光する。

【0062】1枚目のウエハWの全ショット領域への露光が終了した後、ステップ108に移行して露光済みのウエハWを搬出し、このロット内でその次に露光する1枚目 $(i=2, 3, \dots)$ のウエハを図2のウエハステージST上にロードする。この実施例では、同一ロット内ではプロセスの状態に大きな差はないことを前提として、FIA系36による計測結果に基づいて求めたFIAパラメータ中のオフセット O_x, O_y に混入されている偏り（プロセスオフセット）は、ロット内ではほぼ一定値であるとみなす。そこで、2枚目以降のウエハについては、FIA系36のみでEGA方式のアライメントを行い、求められたFIAパラメータ中のオフセット O_x, O_y については1枚目のウエハで求めた差を用いて補正することとする。

【0063】従って、シーケンスとしては、ステップ109でステップ102と同様にサーチアライメントを実行した後、ステップ110に移行してその1枚目のウエハ上の図6と同じ配列のサンプルショットについて、FIA系36を用いてウエハマークの座標値を計測し、この計測結果を処理してEGAパラメータ（FIAパラメータ）の値を算出する。続くステップ111において、スケーリング R_x, R_y 、ローテーション θ 、直交度 w については、直前のステップ110で求めたFIAパラメータの値を使用し、オフセット O_x, O_y については、直前のステップ110で求めたFIAパラメータにステップ105で求めて記憶してある差 $\Delta O_x, \Delta O_y$ を加算した値を使用して、EGA演算ユニット505により設計上の配列座標から全ショット領域のステージ座標系 (X, Y) での配列座標（露光座標）を算出する。その後、ステップ112に移行して、ステップ111で算出された配列座標に基づいて、ウエハ上の各ショット

領域を順次露光位置に位置決めして、それぞれレチクルRのパターン像を露光する。

【0064】次に、ステップ113において、このロット内で露光すべきウエハが残っているかどうかを判定し、露光すべきウエハがあるときには、ステップ108～112を繰り返してアライメント及び露光を行う。そして、ステップ113において露光すべきウエハが尽きたときにこの工程を終了する。このように本実施例では、基本的にFIA系36を用いてEGA方式でアライメントを行っているため、ウエハマークの非対称性の影響やウエハ上のフォトレジスト層での薄膜干渉の影響を受けにくい利点がある。但し、FIA系36の計測結果より算出されるEGAパラメータ（FIAパラメータ）の内、オフセット O_x 、 O_y にはば一定の偏りがある場合には、オフセット O_x 、 O_y についてはLIA系10で計測した結果から求められる差を用いて補正している。従って、オフセット O_x 、 O_y についても、誤差が小さくなり全体として高い位置合わせ精度が得られている。更に、LIA系10で計測を行うのは1枚のウエハのみであるため、露光工程のスループットは殆ど低下しない利点もある。

【0065】なお、図1の実施例ではFIAパラメータとLIAパラメータとの差を求めるために、ロット内の先頭のウエハについてのみFIA系36とLIA系10とでそれぞれサンプルショットの計測を行っている。しかしながら、例えばロットの先頭から数枚のウエハについては、それぞれFIA系36を用いたEGA方式のアライメント、及びLIA系10を用いたEGA方式のアライメントを行い、それ以降のウエハについては、先頭から数枚のウエハについて求めたFIAパラメータの平均値とLIAパラメータの平均値との差分を用いてEGAパラメータの補正を行うようにしてもよい。

【0066】また、図1のステップ103及び104のようにEGAパラメータの補正値を求めるためのサンプルショットの個数を、図1のステップ110で計測対象となるような通常のサンプルショットの個数に比べて多くしてもよい。更に、そのEGAパラメータの補正値を求める際に、ウエハ上の全ショット領域をサンプルショットとしてみなして計測を行ってもよい。

【0067】次に、本実施例でアライメント及び露光を行う場合の動作の他の例につき説明する。この例では1枚のウエハにEGA方式でアライメントを行って露光を行う場合を扱い、図6のウエハWを露光対象のウエハとする。この場合、先ず図6のウエハW上の計測対象のサンプルショット $S_1 \sim S_8$ ：中の1番目のサンプルショット S_1 に付設されたウエハマーク MX_1, MY_1 については、図2のFIA系36及びLIA系10（Y軸用のLIA系も含む）の双方で位置検出を行う。この結果、FIA系36で計測されるサンプルショット S_1 の座標を（ XM_{F1}, YM_{F1} ）、LIA系10で計測されるサンプ

ルショット S_1 の座標を（ XM_{L1}, YM_{L1} ）として、それらの差分（ $\Delta X_{FL}, \Delta Y_{FL}$ ）、即ち（ $XM_{L1} - XM_{F1}, YM_{L1} - YM_{F1}$ ）を求めて記憶する。

【0068】その後、残りのサンプルショット $S_2 \sim S_8$ については、FIA系36のみでウエハマークの位置検出を行い、全部のサンプルショット $S_1 \sim S_8$ についてFIA系36で検出された座標にその差分（ $\Delta X_{FL}, \Delta Y_{FL}$ ）を加算して得られる座標を用いて、EGA方式でアライメントを行う。これにより、ウエハW上でFIA系36の計測結果の偏りがほぼ一定の場合には、その偏りが補正されて正確に位置合わせが行われる。

【0069】なお、本発明はEGA方式でアライメントを行う場合のみでなく、例えばダイ・パイ・ダイ方式でアライメント及び露光を行う場合にも適用される。例えば図6のウエハWに対してダイ・パイ・ダイ方式でアライメントを行うときには、先ず1番目のショット領域に対して、図2のFIA系36及びLIA系10の両方でウエハマークの座標検出を行って、検出結果の差分を記憶する。そして、FIA系36の検出結果をその差分で補正した座標に基づいて、その1番目のショット領域の位置合わせを行って露光を行う。その後、2番目以降のショット領域については、FIA系36で検出した座標を1番目のショット領域について求めた差分で補正して得られる座標に基づいて、位置合わせ及び露光を行う。これにより、高精度に位置合わせが行われる。

【0070】なお、上述実施例では、図2のFIA系36がオフ・アクシス方式、LIA系10がTTL方式となっているが、FIA系36を例えばTTL方式、又はTTR方式で使用してもよく、逆にLIA系10をオフ・アクシス方式、又はTTR方式で使用してもよい。また、上述実施例では、FIA系36により求めたEGAパラメータ（FIAパラメータ）の補正を行うためにLIA系10でウエハマークの位置計測を行っているが、LIA系10の代わりに、ウエハマークとスリット状に集光されるレーザビームとを相対走査するレーザ・ステップ・アライメント（LSA）方式のアライメントセンサ等を使用してもよい。

【0071】更に、上述実施例では、EGA方式として通常のEGA方式が適用されているが、ウエハ上のサンプルショットに対して例えばウエハの中心からの距離に応じて定まる重みを付して得られる残留誤差成分が最小になるように変換パラメータの値を決定する、所謂重み付けEGA方式にも本発明は同様に適用される。このように本発明は上述実施例に限定されず、本発明の要旨を逸脱しない範囲で種々の構成を取り得る。

【0072】

【発明の効果】本発明の第1の位置合わせ方法によれば、計測対象の複数のショット領域中の所定のショット領域については、2つのアライメントセンサで位置検出を行って、その検出結果の差分より撮像方式（FIA方

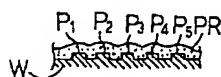
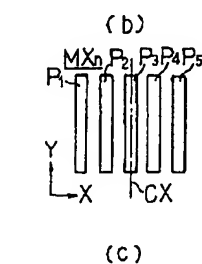
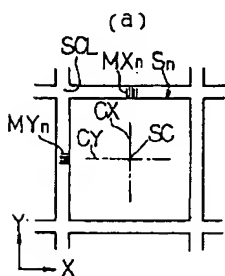
21

式)の第1のアライメントセンサの検出結果のオフセット値(プロセスオフセット)を求め、残りのショット領域については第1のアライメントセンサの検出結果をそのオフセット値で補正している。従って、撮像方式のアライメントセンサの長所を活かすことができると共に、スループット(単位時間当りの基板の処理枚数)をそれ程低下させることなく、その撮像方式のアライメントセンサの短所を補って高い位置合わせ精度が得られる利点がある。

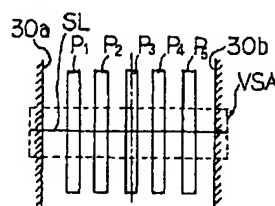
【0073】また、第2の位置合わせ方法によれば、EGA方式でアライメントを行う際に、撮像方式のアライメントセンサの長所を活かすことができると共に、スループットをそれ程低下させることなく、その撮像方式のアライメントセンサの短所を補って高い位置合わせ精度が得られる利点がある。また、本発明の第3の位置合わせ方法によれば、例えば1ロットのウエハ等のN枚の基板に対して順次位置合わせを行う際に、先頭から数枚の基板については、2種類のアライメントセンサ(例えばFIA系及びLIA系)を使って同一のサンプルショット配列で位置検出が行われる。そして、両センサの検出結果よりそれぞれ求めたEGAパラメータ中の所定のパラメータの差分が記憶され、それ以降の基板の位置合わせを行うときには、例えばFIA方式の第1のアライメントセンサのみを使ってEGA方式のアライメントを行い、例えばオフセット等の所定のパラメータについては記憶してある差分で補正して位置合わせが行われる。従って、スループットを大きく低下させることなく、高精度に位置合わせが行われる。

【図面の簡単な説明】

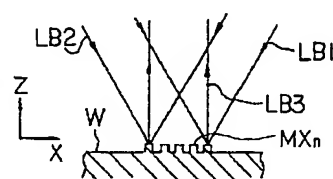
【図3】



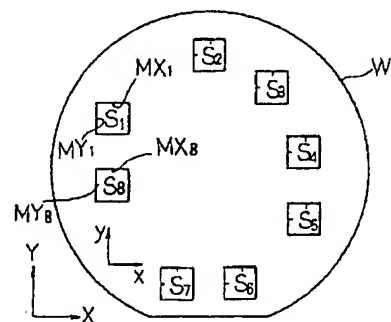
【図4】



【図5】



【図6】



【図1】本発明による位置合わせ方法の一実施例が適用された露光動作を示すフローチャートである。

【図2】実施例で使用される投影露光装置の要部を示す構成図である。

【図3】(a)はウエハ上のショット領域及びウエハマークの一例を示す拡大平面図、(b)はウエハマークを示す拡大平面図、(c)は図3(b)の断面図である。

【図4】FIA方式のアライメントセンサによる観察像の一例を示す図である。

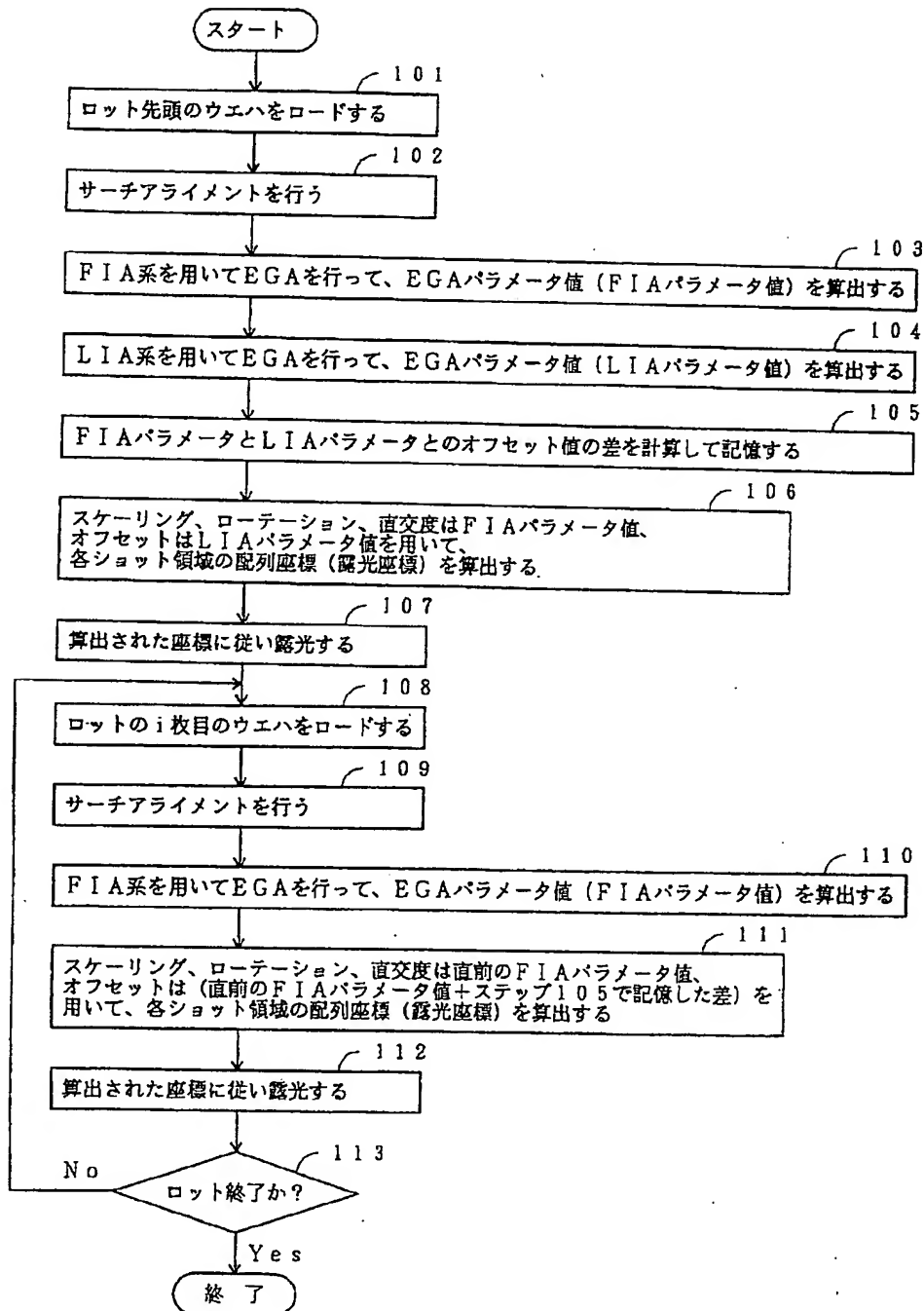
【図5】LIA方式のアライメントセンサの検出原理の説明図である。

【図6】実施例で露光対象とされるウエハW上のサンプルショットの配列の一例を示す平面図である。

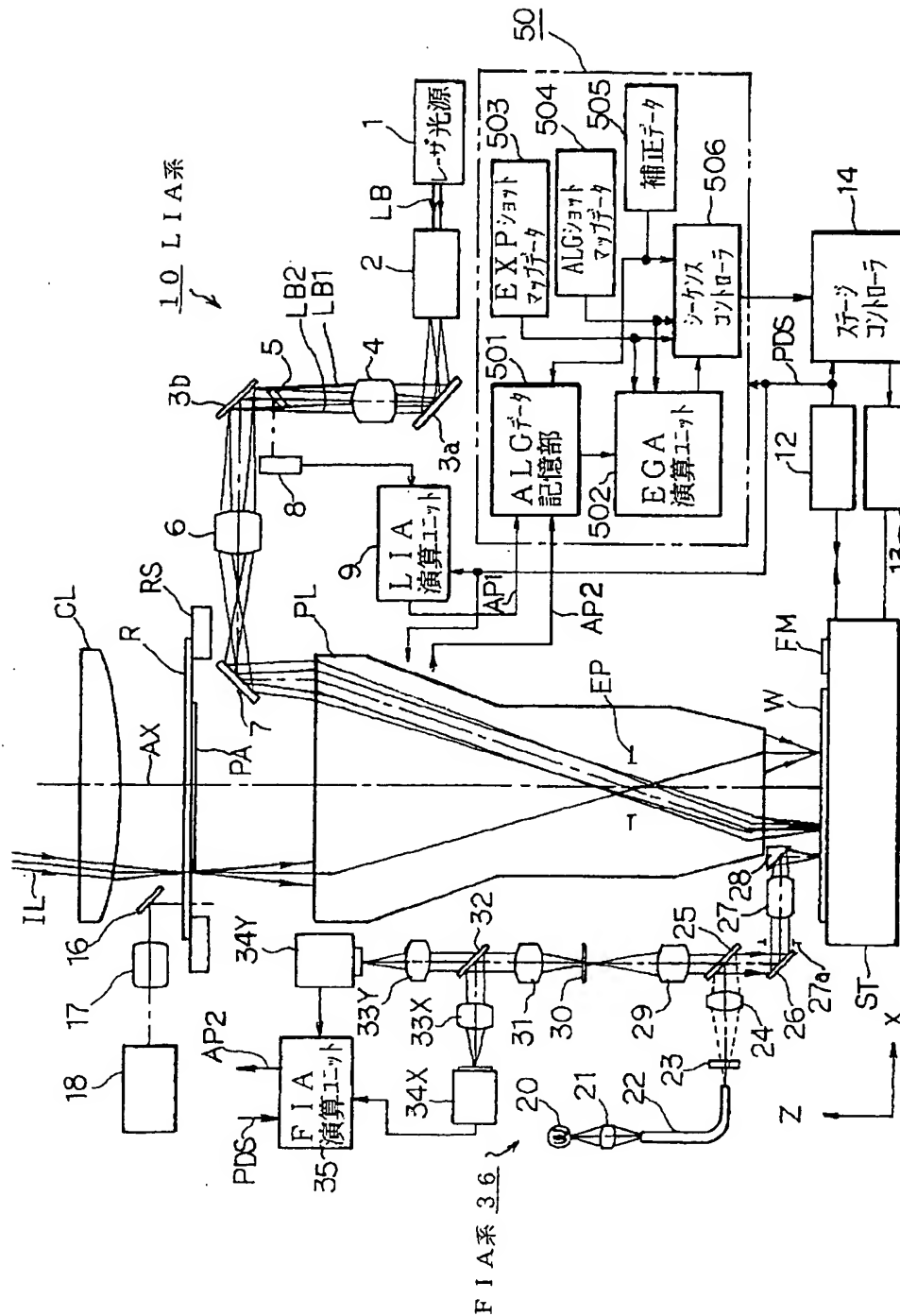
【符号の説明】

R レチクル
PL 投影光学系
W ウエハ
ST ウエハステージ
8 受光素子
10 LIA系
34X, 34Y 撮像素子
36 FIA系
50 主制御系
502 EGA演算ユニット
505 補正データ記憶部
S1 ~ S8 サンプルショット
WX1 X軸のウエハマーク
WY1 Y軸のウエハマーク

【図1】



【図2】



フロントページの続き

(51) Int. Cl. 6

識別記号

庁内整理番号

FI

技術表示箇所

H 01 L 21/30

5 2 5 S